

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Bahan Bakar

Fuel/Bahan bakar merupakan salah satu komponen penting dalam menggerakkan sebuah alat transportasi. Tanpa bahan bakar, pesawat tidak bisa dioperasikan. Salah satu karakteristik paling penting dari bahan bakar penerbangan adalah kemampuan bertindak sebagai pendingin untuk sistem lain dan untuk membakar panas yang diserap dalam proses pembakaran, kemampuan bahan bakar untuk melakukan fungsi ini diatur oleh panas spesifik bahan bakar dan suhu maksimum bahan bakar dapat dinaikkan tanpa menimbulkan efek samping yang merugikan (Sumber: Lit. 1). Bahan bakar dimuat di pesawat dari ground service melalui wadah pengisian bahan bakar di stasiun pengisian bahan bakar bertekanan (Sumber: Lit. 2). Salah satu hal fatal yang dapat menyebabkan kecelakaan pesawat adalah kurangnya bahan bakar saat sedang melakukan penerbangan. Pada dasarnya, bahan bakar dapat diibaratkan seperti makanan untuk manusia.

2.2 Jenis-Jenis Bahan Bakar Pesawat Udara

2.2.1 Avtur

Beberapa pesawat terbang komersial menggunakan avtur sebagai bahan bakar utama. Avtur merupakan singkatan dari *Aviation Turbine Fuel*. Dalam dunia penerbangan internasional, bahan bakar ini juga disebut dengan Jet A-1 karena banyak sekali pesawat terbang jenis jet yang menggunakan bahan bakar ini. Bahan bakar jet A-1 memiliki *freezing point* -47 derajat *celcius*. Avtur tidak menggunakan angka oktan atau RON karena avtur merupakan turunan dari kerosene atau minyak tanah.



Gambar 2.1 Avtur Jet A-1
(Sumber : www.aripsusanto.com)

2.2.2 Avgas

Avgas merupakan singkatan dari *Aviation Gasoline*, yakni sejenis bensin yang diolah secara khusus guna keperluan penerbangan (*aviation*). Umumnya, pesawat terbang yang memiliki ruang pembakaran dalam (*internal*) yang menggunakan bahan bakar jenis Avgas. Itu artinya, hanya pesawat terbang yang menggunakan mesin *Piston Engine* yang bisa menggunakan bahan bakar jenis ini. Berbeda dengan *gasoline* (bensin) yang digunakan untuk kendaraan bermotor, bensin yang diolah menjadi Avgas memiliki nilai oktan yang lebih tinggi sehingga membuat mesin lebih bersih. Sifat dari bahan bakar ini mudah terbakar, bahkan di suhu normal. Avgas juga cepat sekali menguap. Maka hanya pesawat yang memiliki ruang pembakaran dalam saja yang dapat menggunakan bahan bakar ini.



Gambar 2.2 Avgas 100LL
(Sumber : www.aripsusanto.com)

2.3 Sistem Distribusi Bahan Bakar

Dalam dunia penerbangan, jaminan keselamatan merupakan hal yang paling penting dan utama. Pada pengoperasiannya, pesawat terbang menggunakan mesin/motor sebagai penggerak sehingga memerlukan bahan bakar. Oleh karena itu, pesawat terbang dilengkapi dengan suatu sistem yang mengatur pendistribusian bahan bakar yang disebut *Engine Fuel System*. Sistem bahan bakar pun memerlukan beberapa persyaratan, diantaranya:

- a. Mempunyai keandalan, setiap bahan bakar harus di konstruksikan dan disusun sedemikian rupa agar menjamin aliran bahan bakar tetap pada tekanan dan laju yang diinginkan oleh engine serta APU (*Auxiliary Power Unit*) dalam setiap kondisinya operasinya.
- b. Sistem bahan bakar harus independen/tidak bergantung. *Filler cap* (lubang pengisian) harus dirancang sedemikian rupa agar pemasangannya mudah dan tidak lepas pada saat penerbangan. Biasanya *filler cap* dilengkapi dengan ventilasi sehingga tekanan tangki tetap stabil.
- c. Pelindung petir/ *Lightning Protection*, sistem bahan bakar harus dilengkapi dengan alat untuk mencegah terjadinya kebakaran akibat sambaran petir.
- d. Aliran bahan bakar/ Fuel Flow, fuel system harus dapat memberikan aliran fuel yang sesuai dengan kebutuhan pesawat.
- e. Kebutuhan indikator untuk sistem bahan bakar, indikator yang dibutuhkan dalam sistem bahan bakar antara lain: indikator pengukur jumlah bahan bakar, penunjuk tekanan, penunjuk temperatur, penunjuk aliran bahan bakar.

2.4 Komponen-komponen pada sistem aliran bahan bakar (*Fuel System*)

Sistem ini berperan untuk mentransfer bahan bakar dari tangki menuju *engine* untuk proses pembakaran, agar *engine* dapat bekerja dengan baik dan dapat menghasilkan performa terbaik pula. Pada sistem ini terdapat beberapa komponen yang terpasang untuk perannya masing-masing guna mempermudah dan menjaga keamanan proses pembakaran, diantaranya sebagai berikut:

a. *Booster Pump*

Fuel Booster Pump adalah salah satu komponen yang pokok dalam setiap proses pemindahan fluida untuk disalurkan ke komponen lainnya. *Booster Pump* berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dalam keadaan bertekanan positif sehingga bahan bakar yang akan disalurkan menuju mesin mempunyai tekanan dan laju aliran yang stabil atau teratur. *Booster pump* dihidupkan pada saat:

- ✓ Pada waktu pesawat *take off /landing*
- ✓ Untuk menghidupkan *jet pump* untuk pemindahan bahan bakar dari *auxiliary tank* ke *main tank*
- ✓ Untuk *crossfeed system*
- ✓ Menyuplai *fuel* ke *engine* apabila *EDP (engine driven pump)* rusak

Komponen ini juga berperan sebagai penghasil tekanan pada bahan bakar saat *start engine* ketika *engine driven pump* belum bekerja. Maka bisa disimpulkan bahwa *Booster Pump* memiliki peranan yang besar untuk kinerja mesin. *Booster Pump* biasanya berupa *impeller* dimana agar mendapatkan volume yang lebih besar daripada tekanan.



Gambar 2.3 *Booster Pump*

(Sumber: <http://aircraftaccessoriesofok.com/parts-accessories/fuel-boost-pump>)

b. *Fuel Pump*

Fuel Pump terletak di *engine* yang terhubung oleh *gearbox*. Karena aktivitasnya yang digerakkan oleh *engine*, maka komponen ini biasanya disebut

dengan *engine driven pump (EDP)*, terletak pada *engine* yang terhubung oleh *gearbox accesory* dan memiliki daya tekan kurang lebih 1000 Psi. Pompa ini menghasilkan tekanan bahan bakar bertekanan agar bahan bakar saat berada di *combustion chamber* berupa kabut sehingga lebih mudah untuk dilakukan pembakaran.



Gambar 2.4 *Fuel Pump*

(Sumber: http://www.aviationconsumer.com/issues/45_8/maintenancematters/Fuel-Pumps-Overhaul-On-Condition_6795-1.html)

c. *Check Valve*

Check Valve adalah alat yang digunakan untuk membuat aliran fluida hanya mengalir ke satu arah saja atau agar tidak terjadi *reversed flow/back flow*. Komponen ini mengalirkan fluida hanya ke satu arah dan mencegah aliran ke arah sebaliknya. Alat ini tidak menggunakan handel untuk mengatur aliran, tapi menggunakan gravitasi dan tekanan dari aliran fluida itu sendiri. Karena fungsinya yang dapat mencegah aliran balik (*backflow*) *check valve* sering digunakan sebagai pengaman dari sebuah komponen dalam sistem perpipaan.



Gambar 2.5 *Check Valve*

(Sumber: <https://www.aircraftspruce.com/catalog/appages/acscheckvalve.php>)

d. *Fuel Filter* (Penyaring Bahan Bakar)

Sistem bahan bakar adalah bagian penting dari pesawat terbang dimana masalahnya yang mungkin timbul adalah bahan bakar kotor yang menjadi penyebab utama kontaminasi *fuel filter* mesin (Sumber: Lit. 3). Penyaring bahan bakar pada pesawat merupakan komponen yang bertujuan untuk melindungi dari terjadinya penurunan tekanan pada saluran bahan bakar yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem dan juga mencegah terjadinya penyumbatan pada saluran bahan bakar yang dapat menyebabkan kegagalan mesin. Kontaminan yang terdapat pada sistem bahan bakar biasanya disebabkan oleh kotoran karbon dari pembakaran, debu dan kotoran yang terbawa masuk oleh udara atau bahan bakar, bagian yang halus dari logam yang merupakan hasil dari keausan yang bercampur dengan bahan bakar, dan kondensasi/pengembunan air dari udara.



Gambar 2.6 *Fuel Filter*

(Sumber:

https://www.google.co.id/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=&url=https%3A%2F%2Fwww.allaero.com%2Faircraft-parts%2F3059779-01&psig=AOvVaw15IGV0-vtirzv1NzDQ_sF&ust=15610926393320)

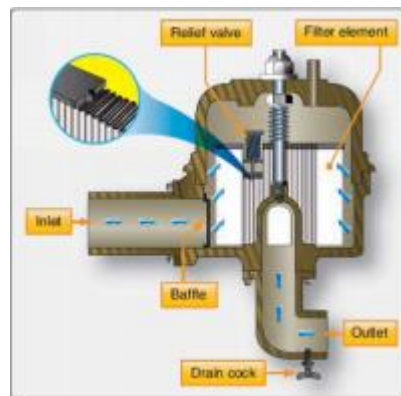
e. Katup *Bypass*

Katup *bypass* merupakan faktor keamanan yang diperlukan dalam sistem distribusi bahan bakar. Jika pada suatu penerbangan terjadi penyumbatan pada penyaring bahan bakar bertekanan rendah, tekanan yang terjebak pada sistem penyaringan akan menekan katup *bypass* yang akan secara otomatis terbuka jika menerima jumlah tekanan tertentu sehingga memungkinkan bahan bakar tetap mengalir dengan baik.



Gambar 2.7 Katup *Bypass*

(Sumber: <https://www.ebay.com/itm/1-EA-1989-OVERHAULED-VICKERS-BYPASS-VALVE-USED-ON-WARBIRD-AIRCRAFT-P-N-AA34554A-/311650491331>)



Gambar 2.8 Bagian Katup *Bypass*

(Sumber: <https://www.flight-mechanic.com/engine-fuel-system-components-fuel-filters/>)

f. *Fuel Heat Exchanger*

Fuel Heat Exchanger adalah komponen yang akan dilalui oleh bahan bakar, dimana fungsi dari komponen ini adalah memanaskan bahan bakar agar ketika disemprotkan, bahan bakar berada dalam keadaan panas oleh *nozzle*.



Gambar 2.9 *Fuel Heat Exchanger*

(Sumber: <https://www.flight-mechanic.com/engine-fuel-system-components-fuel-filters/>)

g. *Fuel Control Unit*

Fuel Control Unit berperan sebagai pengatur jumlah bahan bakar yang akan disemprotkan oleh *nozzle* sesuai dengan ratio pembakaran yang dibutuhkan di ruang bakar/*combustion chamber*. Pada era kemajuan teknologi seperti ini, *FCU* telah menggunakan sistem komputerisasi meskipun dengan nama yang berbeda dengan fabrikasinya, seperti *MEC* (*Main Engine Control*) yang dipakai pada *Boeing Classic*, *EEC* (*Electronic Engine Control*) yang dipakai pada *Boeing 737 NG* dan *Airbus*. Tidak hanya itu, sistem tersebut juga didukung dengan sistem *FADEC* (*Full Authority Display Electronic Control*) yang berfungsi mengatur performa *engine*.



Gambar 2.10 *Fuel Control Unit*

(Sumber: <https://www.aerocontact.com/en/virtual-aviation-exhibition/product/148-fuel-control-unit>)

h. *Fuel Nozzle*

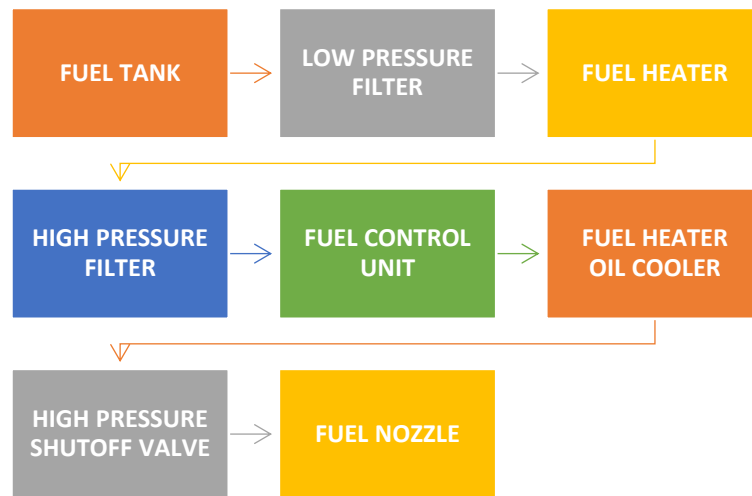
Fuel Nozzle memberikan pola semprot tepatnya didefinisikan kabut bahan bakar ke *combustion chamber* untuk pembakaran yang cepat, kuat dan lengkap.

i. *Fuel Line and Piping*

Merupakan pipa-pipa yang disambung dengan *fitting-fitting* dan *nut* yang menjadi satu kesatuan sehingga penyaluran bahan bakar dapat didistribusikan dengan baik dan efisien. Sistem bahan bakar pesawat menggunakan pipa-pipa paduan aluminium, tembaga atau jenis lain dan selang (*flexible hose*) dengan *fitting*. *Hose* ini terbuat dari karet sintetis dan diperkuat dengan anyaman *fiber*.

2.5 Alur Distribusi Bahan Bakar secara Normal

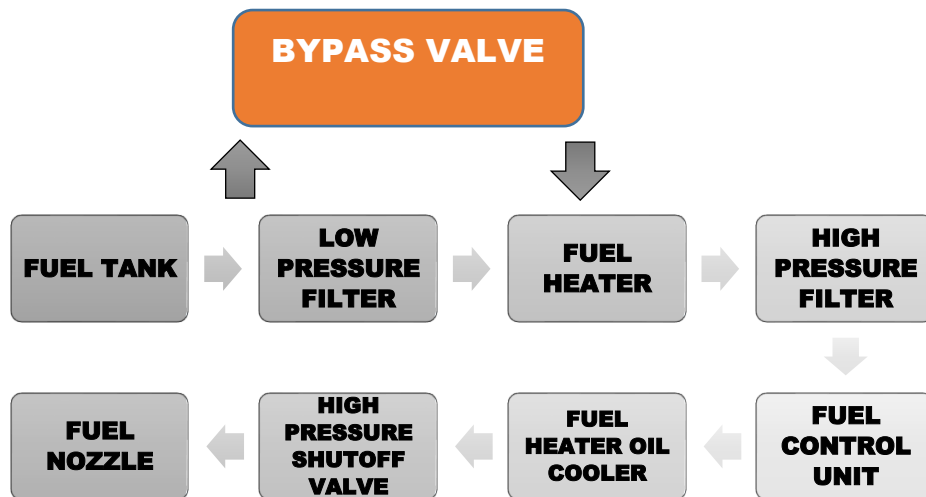
Awalnya bahan bakar yang tersimpan di tangki akan dipompa oleh *booster pump*. *Booster pump* berperan sebagai pendorong bahan bakar dengan sistem pompa menuju ke *engine*. Setelah itu, bahan bakar akan dibawa ke *low pressure fuel filter*. Ketika di *LP fuel filter*, bahan bakar akan disaring agar tidak ada kotoran atau kontaminan seperti debu ataupun partikel es yang dapat masuk ke dalam *fuel system*. Setelah melewati *LP filter*, bahan bakar yang terbebas dari kontaminan akan mengalir ke *fuel heat exchanger*, disini bahan bakar akan dipanaskan dengan tujuan efisiensi dari penggunaan bahan bakar ketika disemprotkan ke dalam *combustion chamber*. Kemudian, bahan bakar disaring lagi dengan *high pressure filter*. Pada tahap ini material pada *filter* terbuat dari logam. Selanjutnya, bahan bakar dipompa kembali oleh *fuel pump* menuju ke *fuel control unit*. Pada tahap ini, *FCU* berperan sebagai pengatur besarnya bahan bakar yang akan disemprotkan ke *combustion chamber*. Bahan bakar yang keluar dari *FCU* kemudian dipanaskan lagi dengan *fuel heater oil cooler*, dengan demikian bahan bakar akan menjadi semakin panas. Setelah itu bahan bakar akan diarahkan menuju ke *high pressure shutoff valve* yang kemudian akan dikeluarkan melalui *fuel nozzle* dalam bentuk *spray* atau semprotan agar memudahkan proses pembakaran secara menyeluruh.



Gambar 2.11 Alur Distribusi Bahan Bakar secara Normal

2.6 Alur Distribusi Bahan Bakar Menggunakan Katup *Bypass* Akibat Terjadi Penyumbatan pada *Fuel Filter*

Terjadinya masalah penyumbatan penyaring bahan bakar masih melewati tahapan awal aliran bahan bakar yang berjalan normal. Dari tangki, bahan bakar didorong oleh *booster pump* dengan sistem pompa menuju *engine*. Setelah itu, bahan bakar akan melalui *fuel filter* agar kontaminan yang terdapat pada bahan bakar akan tersaring. Namun seiring berjalannya waktu, kontaminan seperti debu dan partikel es tersebut dapat mengotori *fuel filter* yang mengakibatkan terjadinya penyumbatan/*blocked*. *Bypass Valve* atau *relief valve* bekerja jika tekanan yang menekan kearah katup tersebut melebihi batas tekanan yang telah di sesuaikan sehingga akan membuka paksa jalur alternatif untuk mengalihkan tekanan tersebut. Katup ini di gunakan sebagai tindakan pertama untuk pengamanan tekanan, sehingga jika terjadinya tekanan berlebih di penyaring bahan bakar, tekanan tersebut akan teralihkan kearah katup *bypass* sehingga tidak terjadinya masalah lain yang dapat timbul seperti kebocoran dan rusaknya penyaring bahan bakar. Bahan bakar akan mengalir melalui saluran *bypass* sebelum pada akhirnya melewati proses selanjutnya sampai ke pembakaran.



Gambar 2.12 Alur Distribusi Bahan Bakar Menggunakan Katup *Bypass* Akibat Terjadi Penyumbatan pada *Fuel Filter*

2.7 Bagian-Bagian *Fuel Filter*

a. *Relief Valve*

Relief Valve yang juga biasa disebut *Bypass Valve* adalah salah satu jenis katup yang berfungsi untuk mengontrol atau membatasi tekanan dengan cara mengarahkan/mengalihkan aliran ke dalam jalur tambahan yang jauh dari jalur aliran utama. Jika elemen saringan tersumbat oleh kotoran, maka akan terjadi perbedaan tekanan antara saluran masuk dan saluran keluar. Apabila sudah melebihi tekanan yang ditetapkan, maka katup bypass akan membuka dan menyalurkan bahan bakar ke bagian mesin yang bergerak untuk menghindari kerusakan dan keausan yang lebih fatal dan parah.

b. Elemen *Fuel Filter*

Elemen *fuel filter* adalah penyaring dalam saluran bahan bakar yang menyaring kotoran dan partikel kontaminan dari bahan bakar. Unit *fuel filter* yang berupa kaleng yang terdiri dari kertas-kertas, dan dapat diganti dengan mudah apabila filternya sudah kotor disebut dengan unit *cartridge*. Elemen ini terdapat di dalam *integral fuel filter housing* dan berkemampuan untuk penyaringan kira-kira 20 mikron.

2.8 Prinsip Kerja Penyaring Bahan Bakar pada pesawat

Penyaring bahan bakar pada pesawat atau *fuel filter* berfungsi untuk mencegah terdapatnya kotoran yang terbawa oleh bahan bakar yang dapat mengganggu kinerja unit lain dalam sistem bahan bakar pada pesawat. Bahan bakar dari tangki bahan bakar di pompa oleh *booster pump* yang kemudian akan masuk ke dalam *fuel filter*, kemudian aliran bahan bakar akan melalui sekat-sekat berbahan kertas untuk menyaring kontaminan yang terbawa oleh bahan bakar sehingga bahan bakar dapat di atur oleh *fuel control unit* dengan baik. Jika dalam suatu keadaan terjadi penyumbatan baik oleh kotoran, lumut, atau partikel es yang terbentuk di penyaring bahan bakar, aliran bahan bakar akan di alihkan ke katup *bypass* sehingga tidak terjadi tekanan berlebih yang dapat merusak unit tersebut.

2.9 Prinsip Kerja Katup Bypass

Bypass Valve atau *relief valve* bekerja jika tekanan yang menekan kearah katup tersebut melebihi batas tekanan yang telah di sesuaikan sehingga akan membuka paksa jalur alternatif untuk mengalihkan tekanan tersebut. Katup ini di gunakan sebagai tindakan pertama untuk pengamanan tekanan, sehingga jika terjadinya tekanan berlebih di penyaring bahan bakar, tekanan tersebut akan teralihkan kearah katup *bypass* sehingga tidak terjadinya masalah lain yang dapat timbul seperti kebocoran dan rusaknya penyaring bahan bakar.

